



**GRADO EN ECONOMÍA
CURSO ACADÉMICO 2019-2020
TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**ANÁLISIS DE LOS DETERMINANTES DEL
TRAFICO DE PASAJEROS Y MOVIMIENTOS**

**ANALYSIS OF THE DETERMINANTS OF
PASSENGER TRAFFIC AND MOVEMENTS**

AUTORA: NATALIA PÉREZ OREJÓN

DIRECTORA: SORAYA HIDALGO GALLEGO

FECHA: JUNIO 2020

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. REVISION DE LA LITERATURA	3
3. METODOLOGÍA	5
3.1. VARIABLES	5
3.1.1. <i>Variables dependientes</i>	5
3.1.2. <i>Variables independientes</i>	6
3.2. MODELO	7
4. ANÁLISIS DE LOS DATOS	8
4.1. DATOS	8
4.2. ANÁLISIS DEL MODELO	8
5. RESULTADOS	9
5.1. ESTIMACIÓN	9
6. CONCLUSIONES	18
7. BIBLIOGRAFÍA	19

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Total pasajeros anuales movidos por los aeropuertos de la muestra	6
Figura 2: Total movimientos anuales movidos por los aeropuertos de la muestra	6
Figura 3: Tabla estadísticos descriptivos	8
Tabla 1: Recoge la matriz de correlación con respecto a la variable pasajeros	10
Tabla 2: Recoge la matriz de correlación con respecto a la variable movimientos	11
Tabla 3: Estimación determinantes del tráfico de pasajeros por MCO. Modelo 1	11
Tabla 4: Estimación determinantes del tráfico de movimientos por MCO. Modelo 2	12
Tabla 5: Contraste de heterocedasticidad de White modelos 1 y 2	13
Tabla 6: Estimación determinantes del tráfico de pasajeros y movimientos por MCG.	14
Tabla 7: Contraste Breusch – Pagan de los modelos 1 y 2	14
Tabla 8: Contraste de Hausman de los modelos 1 y 2	14
Tabla 9: Contraste de normalidad de los residuos de los modelos 1 y 2 (1)	15
Tabla 10: Estimación determinantes del tráfico de pasajeros y movimientos en logaritmos por MCO. Modelo 2	15
Tabla 11: Contraste de normalidad de los residuos de los modelos 1 y 2 (2)	16
Tabla 12: Estimación determinantes del tráfico de pasajeros MCO (log-log)	16
Tabla 13: Estimación determinantes del tráfico de movimientos por MCO (log-log)	17

RESUMEN

En este trabajo se analizan los determinantes del tráfico aéreo de pasajeros y movimientos de aeronaves en los principales aeropuertos europeos. Para ello se estiman dos modelos econométricos a partir de un panel de datos formado por 52 aeropuertos observados durante siete años (2011-2017). La información estadística necesaria para el análisis ha sido obtenida de Eurostat. Los principales resultados muestran que factores como el nivel de infraestructuras y la capital del país son las que mayor peso tienen en la determinación de esto. La relación de los primeros es positiva y la de la población negativa.

ABSTRACT

This paper analyses the determinants of air passenger traffic and aircraft movements at the main European airports. For this purpose, two econometric models are estimated from a data panel consisting of 52 airports observed over seven years (2011-2017). The statistical information needed for the analysis has been obtained from Eurostat. The main results show that factors such as the level of infrastructure and the country's capital are the most important in determining these. The ratio of the former is positive and that of the population is negative.

1. INTRODUCCIÓN

Europa es un continente situado en la parte en la parte oriental del hemisferio norte y cuenta aproximadamente con una población de 742 millones de personas. Cuenta con grandes e importantes atractivos turísticos. Además, dispone de un desarrollado sistema de comunicaciones y transporte lo que facilita el desplazamiento entre los diferentes países. Europa cuenta con una amplia red de transporte aéreo entre los que destacan los aeropuertos de Londres Heathrow, París Charles de Gaulle, Ámsterdam Schiphol, Frankfurt, Estambul Atatürk, Madrid Barajas, Barcelona, Londres Gatwick, Múnich y Roma Fiumicino.

Los aeropuertos juegan un papel fundamental en el desarrollo económico del territorio en el que se encuentran. Son puertas de enlace y centros para pasajeros y carga de líneas de áreas interurbanas.

El objetivo de este trabajo es analizar los determinantes del tráfico de pasajeros y movimientos. Para obtener resultados empíricos se han considerado 52 aeropuertos europeos los cuales se han elegido realizando una criba de 10 millones de pasajeros en el último año de la muestra (2017). A partir de esta elección, se han analizado los determinantes del tráfico aéreo de pasajeros y de movimientos. Para ello se han llevado a cabo dos modelos, uno para la determinación de los pasajeros y otro para la de movimientos. Ambos estaban compuestos por las siguientes variables; infraestructuras, pib per cápita, densidad de población, población, costa (variable binaria) y capital (si el aeropuerto está situado en la capital del país) (variable binaria).

Entre los aeropuertos considerados se ha podido observar cómo tanto el número de pasajeros como de movimientos presentan una tendencia creciente a lo largo del periodo temporal 2011-2017. Sin embargo, en el caso de los movimientos se muestra un descenso en los años 2012 y 2013, los cuales pueden ser explicados por variaciones en la población.

Es importante destacar el análisis de aquellos aeropuertos con mayor y menor número de pasajeros y movimientos, pero destacaremos aquellos que presentan un número mayor de ambos. En cuanto a los primeros, el aeropuerto de Londres Heathrow, es el que presenta mayor número de pasajeros, el cual se corresponde con uno de los aeropuertos más importantes de Europa. En cuanto a los segundos, el aeropuerto de Ámsterdam es el que presenta un mayor número de movimientos. Ambos análisis considerando el último año de la muestra.

En primer lugar, para este análisis se realiza una especificación nivel – nivel, se estima a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios y se obtiene que tanto las variables infraestructuras como capital (si el aeropuerto está situado en la capital del país), son las que más influyen y más correlación guardan con las variables pasajeros y movimientos. Es importante destacar el papel de la población en este análisis, la cual influye en la determinación del aumento o disminución de los pasajeros y movimientos y en pib. Además, se analiza la heterocedasticidad de los dos modelos, siendo ambos heterocedásticos por lo que se estiman por Mínimos Cuadrados Generalizados y se obtiene que los estimadores son lineales, insesgados y eficientes en presencia de homocedasticidad.

En segundo lugar, se realiza el mismo análisis, pero a través de una especificación log-log, donde los resultados son más determinantes para este análisis. Y siendo los modelos a partir de esta especificación más ajustados que los anteriores, ya que presentan un R^2 mayor y un Criterio de Akaike menor. De acuerdo con este criterio esta sería la estimación más adecuada de todas las que se han llevado a cabo en el análisis.

La estructura de este trabajo es la siguiente. En la sección 2 se describen los aeropuertos europeos junto con la revisión de la literatura de los principales autores que abordan el tema de los aeropuertos europeos. En la sección 3 se explica la metodología que se va a utilizar en este trabajo, es decir, las variables dependientes e independientes que se van a utilizar, así como los modelos para cada una de ellas. En la sección 4 se hace un análisis de los datos, explicando el número de aeropuertos que se van a tener en cuenta, así como la procedencia de los datos obtenidos. En esta sección también se analizan los principales estadísticos descriptivos de las variables. En la sección 5 se recogen los resultados asociados a cada modelo, la estimación de cada uno de ellos y los diferentes análisis que se han llevado a cabo. Y, por último, en la sección 6 se recogen las conclusiones que se han obtenido a partir de este estudio.

2. REVISION DE LA LITERATURA

Los transportes son un sector clave en la economía. En Europa el sector de transporte aéreo representa alrededor de 664 millones de euros y da empleo a 11 millones de personas (Unión Europea, 2019).

Los aeropuertos europeos tienen un fuerte impacto económico y social en las regiones circundantes. Generan puestos de trabajo en las actividades directamente relacionadas con el tráfico aéreo y con la gestión de aeropuertos. Es importante destacar la función de los aeropuertos en la actividad turística, siendo estos potenciadores de la misma. El turismo representa un importante peso en el pib en el europeo y un gran porcentaje en el transporte aéreo (ACI-Europe, 2004).

Un buen servicio aéreo que proporcione variedades en los destinos se refleja en un número elevado de embarques de pasajeros, facilitando el contacto con empresas de otras ciudades. Gracias a este servicio nuevas empresas pueden ser atraídas para establecerse en el área metropolitana y estimular así el empleo en las empresas establecidas. Brueckner (2003) sostiene que los resultados empíricos muestran que un

aumento del 10% de los pasajeros en un área metropolitana conduce aproximadamente a un aumento del 1% en el empleo de las industrias relacionadas con los servicios.

Muchos estudios investigan los resultados y la productividad económica de las aerolíneas, pero pocos investigan la productividad o el rendimiento de los aeropuertos y cómo los cambios en la industria pueden haberlos afectado. En este estudio David Guillen y Ashish Lall (1997) aplican el análisis de envoltura de datos para evaluar el desempeño de los aeropuertos. Estudian la eficiencia de 21 aeropuertos de Estados Unidos durante un periodo de cinco años, de 1989 a 1993. Sus resultados muestran que son más eficientes los aeropuertos grandes con más servicios en la terminal y movimientos. Otros autores que también estudian la eficiencia de los aeropuertos han sido P.G. Hooper y D.A. Hensher (1997) a través del índice de productividad total de los factores mediante el método de números índice de productividad total de los factores. Estudian la eficiencia de los aeropuertos de Australia para un periodo de cinco años, desde 1988 a 1992. Obteniendo como resultados que son más eficientes aquellos aeropuertos con mayor número de pasajeros.

Rochel (2000) identifica los factores que afectan a la demanda de servicios aéreos, que son los factores económicos, estructurales y de calidad. Este análisis se realiza a través de los modelos de previsión de la demanda. Como resultados obtiene que una vez identificados los factores que afectan a la demanda de transporte aéreo, los modelos de previsión no son infalibles.

Dobruszkes y otros (2011) examinan los determinantes del volumen de tráfico aéreo en las principales regiones urbanas de Europa. Para ello han utilizado datos homogéneos de las ciudades y las líneas aéreas que permiten hacer comparaciones internacionales, realizando modelos de regresión múltiple, donde el PIB, el nivel de poder de decisión económica, el turismo y la distancia de un mercado aéreo importante representan una de dos tercios de la variación del servicio aéreo. Los resultados muestran que el servicio aéreo está fuertemente arraigado a las características metropolitanas de las regiones urbanas.

Q. Zhang y otros (2014) han medido el grado que tiene el poder de mercado de las aerolíneas chinas a través del índice de Lerner y han investigado sus determinantes. Los resultados empíricos muestran que existe cierto grado de poder de mercado en la industria aérea china, a pesar de que el grado de poder de mercado varía significativamente entre los mercados regionales.

Dobruszkes y otros (2014) analizaron si la prestación de servicios aéreos en Europa se ve afectada por el ferrocarril de alta velocidad. Para ello 161 rutas son evaluadas, lo que permite a estos autores hacer comparaciones entre países. Los resultados obtenidos demuestran que los servicios aéreos se ven afectados por el tiempo de viaje del ferrocarril, es decir, hay más servicios aéreos si el tiempo de viaje del ferrocarril es mayor.

José María Serrano Martínez y Ramón García Marín (2015) analizan la dimensión del descenso del tráfico aéreo de pasajeros, sus causas, efectos y consecuencias, tanto para el conjunto del territorio español como en los diferentes centros del sistema aeroportuario. Se analiza especialmente el movimiento de pasajeros internacional e interior. La metodología se basa en combinar diferentes escalas espaciales de análisis para relacionar diversas fuentes y su aplicación específica. Concluyen que la recesión del tráfico aéreo y los reajustes en los aeropuertos españoles se están realizando dentro de un contexto económico desfavorable que son consecuencia de otra variable y profundas causas.

Hu y otros (2015) aplican la metodología de paneles reciente para examinar las dinámicas a corto plazo, las relaciones equívocas a largo plazo y la relación causal

Granger entre el crecimiento económico y el tráfico de pasajeros aéreos nacionales. El análisis se basa en datos de panel trimestrales de 29 provincias de China para el periodo 2006-2012. Los resultados muestran pruebas de una relación de equilibrio a largo plazo entre el crecimiento económico del tráfico de pasajeros aéreos nacionales.

Lakew (2015) evalúa el impacto del tamaño urbano, el empleo y los ingresos en el tráfico aéreo. Para ello utiliza las variaciones de población, empleo e ingresos en las áreas urbanas. El análisis se basa en un panel trimestral de diez años de medidas económicas y de tráfico a nivel de ciudad, a partir del cual se estima un modelo de efectos fijos de la ciudad. Los primeros resultados muestran los efectos secundarios que la población, la composición del empleo y el salario promedio tienen sobre el tráfico y proporcional nuevas ideas sobre los determinantes de los viajes aéreos y el movimiento de mercancías. Este estudio confirma que los aviones de pasajeros y carga son proporcionales a la población. Confirma que el empleo en el sector servicios continúa induciendo el transporte de pasajeros y carga, mientras que la participación de la ciudad en los trabajos de fabricación afecta principalmente al tráfico de carga. Además, los resultados de los efectos fijos muestran que los aviones de pasajeros exhiben una mayor sensibilidad a la proporción de trabajadores urbanos que proporcionan.

Y. Zhang y A. Zhang (2016) analizan el desarrollo de la política de transporte aéreo en China y examinan los determinantes de los flujos de pasajeros aéreos de pares de ciudades chinas utilizando un enfoque de modelo de gravedad que representa los efectos de la resistencia multilateral. El modelo de gravedad ha tenido éxito al explicar los flujos bilaterales en el comercio internacional, el transporte, la comercialización y la migración. Este modelo explica el flujo de bienes y personas entre pares de ciudades en términos de ingresos y distancia, así como otras variables que podrían impedir o promover el flujo de bienes y personas. En los principales resultados obtenidos encuentran impactos significativos tanto en la continua liberalización de la industria como en los transportistas de bajo coste en la promoción de los flujos de tráfico bilaterales en el mercado de aviación nacional de China. Las estructuras de la industria local y los servicios ferroviarios de alta velocidad influyen en el volumen de pasajeros.

3. METODOLOGÍA

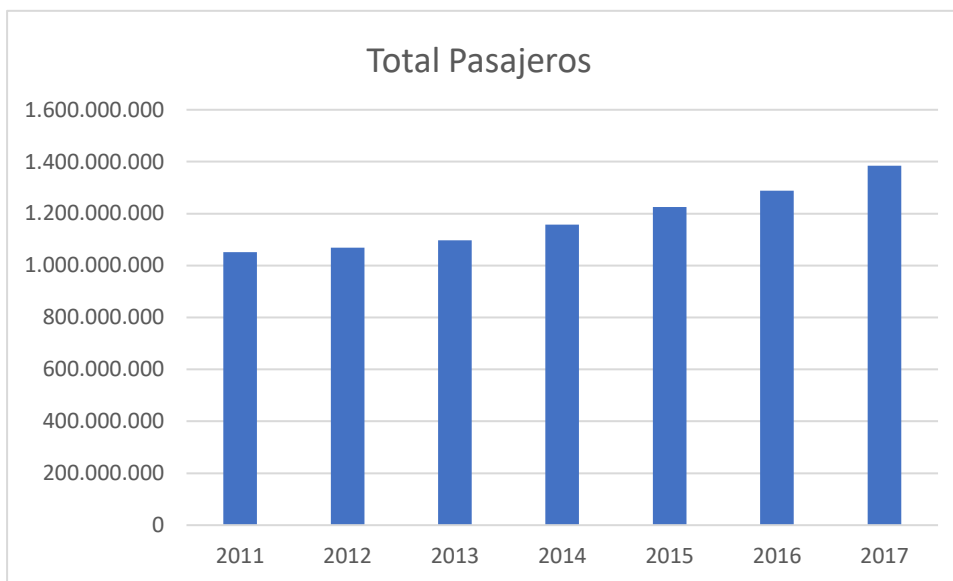
3.1. VARIABLES

3.1.1. Variables dependientes

El análisis empírico que se va a realizar en este trabajo se basa en la estimación de una ecuación de los determinantes del tráfico aeroportuario en los principales aeropuertos europeos. Para ello se van a estimar dos modelos. En el primer modelo, la variable dependiente (pasajeros) es el número de pasajeros que utiliza el aeropuerto i durante el año t . En el segundo modelo, la variable dependiente (movimientos) es el número de movimientos de despegue y aterrizaje que se realiza en el aeropuerto i durante el año t .

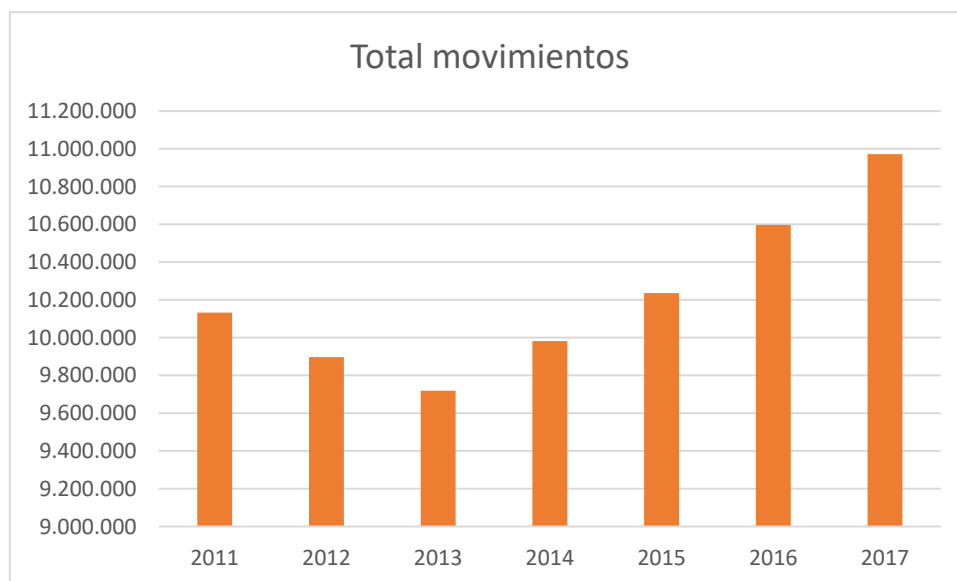
Las figuras 1 y 2 muestran la evolución temporal del tráfico de pasajeros y de movimientos a nivel agregado de los aeropuertos que forman la muestra de datos. Se puede ver que las variables endógenas presentan una tendencia creciente a lo largo del periodo temporal analizado, excepto en los años 2012 y 2013 que en el caso de la variable movimientos se produce un descenso de estos. Una posible explicación a esta tendencia es el aumento de población.

Figura 1: Total pasajeros anuales movidos por los aeropuertos de la muestra



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat

Figura 2: Total movimientos anuales llevados a cabo en los aeropuertos de la muestra



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat

3.1.2. Variables independientes

A continuación, se describen las variables explicativas o independientes que se han considerado para elaborar los modelos econométricos más adecuados, y estudiar cuáles son sus efectos sobre el número de pasajeros y de movimientos.

Las variables son las siguientes:

- Pib per cápita del país: indicador económico que mide la relación existente entre el nivel de renta de un país y su población. Medido en precios constantes, millones de estándares de poder adquisitivo.¹
- Infraestructuras: número de pistas de aterrizaje o despegue que tiene el aeropuerto.
- Población: número de habitantes de cada país.
- Costa: variable ficticia, denotada por 1 si el país tiene costa y 0 en caso contrario.
- Densidad de población: se refiere al número medio de habitantes de un territorio que viven sobre una unidad de superficie (km²). Medido en habitantes por km².
- Capital: variable ficticia, denotada por 1 si el aeropuerto está en la capital del país y por 0 en caso contrario.

3.2. MODELO

Una vez que se han explicado cada una de las variables independientes que van a formar parte de los dos modelos, se procederá a analizar individualmente cada uno de ellos.

Modelo 1:

$$Pasajeros = \beta_0 + \beta_1 infraest + \beta_2 pib + \beta_3 pob + \beta_4 costa + \beta_5 dens + \beta_6 capital + u$$

Ec. (1)

Antes de comenzar a estimar este modelo realizaremos una serie de hipótesis sobre el signo que se espera que tengan cada una de las variables.

- β_1 : se espera que el signo de las infraestructuras sea positivo, ya que cuanto mayor sea el tráfico de pasajeros en los aeropuertos más infraestructuras tendrá.
- β_2 : se espera que el signo del pib sea positivo, ya que como hemos analizado anteriormente el número de pasajeros tienen una tendencia creciente en el periodo temporal analizado debido a un aumento de la población.
- β_3 : se espera que el signo de la población sea positivo, ya que anteriormente sea comentado que la población aumenta en el periodo temporal.
- β_4 : el signo de la variable costa se espera que sea positivo, ya que se observa un mayor número de pasajeros en aquellos países que tienen costa.
- β_5 : se espera que el signo de la densidad de población sea positivo ya que aumenta la población.
- β_6 : se espera que el signo de la variable capital sea positivo ya que los aeropuertos que estén situados en la capital del país tendrán más pasajeros.

Modelo 2:

$$Movimientos = \beta_0 + \beta_1 infraest + \beta_2 pib + \beta_3 pob + \beta_4 costa + \beta_5 dens + \beta_6 capital + u$$

Ec. (2)

¹ Pib real per cápita: Medido en precios constantes en millones de estándares de poder adquisitivo; para poder realizar comparaciones internacionales.

En el modelo anterior hemos analizado el signo antes de proceder con la estimación del modelo, para este modelo se espera que el signo sea el mismo y por tanto la interpretación será similar, salvo que en lugar de los pasajeros serán el número de movimientos.

4. ANÁLISIS DE LOS DATOS

4.1. DATOS

Para realización de este trabajo la muestra utilizada consta de 52 aeropuertos analizados en un periodo temporal de seis años, que abarca desde 2011 hasta 2017. El tamaño total de la muestra es de 364 observaciones.

En cuanto al criterio utilizado para la elección de dichos aeropuertos me he basado en aquellos aeropuertos con más de 10 millones de pasajeros en el último año del periodo temporal considerado (2017), considerándose muchos como los más importantes de Europa.

Los datos con lo que se trabaja en este modelo forman un panel de datos, lo cual permite hacer comparaciones no solo a nivel aeropuerto sino también analizar la evolución temporal del tráfico aeroportuario de los principales aeropuertos españoles.

La información estadística utilizada proviene de Eurostat. Este organismo se encarga de publicar estadísticas e indicadores de alta calidad a escala europea que permitan hacer comparaciones entre países y regiones.

4.2. ANÁLISIS DEL MODELO

Figura 3: Tabla de estadísticos descriptivos

Variable	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
Pasajeros	22.729.000	16.072.00	5.028.200	77.987.000
Movimientos	196.530	114.980	51.773	521.540
Infraestructuras	2.2692	0.96440	1.0000	6.0000
Costa	0.90385	0.29521	0.0000	1.0000
Población	48.224.000	27.947.000	4.570.900	82.522.000
Pib	1.332.900	864.780	153.130	2.982.500
Dens. Población	1780,6	3189,5	23	21.490
Capital	0,5	0,50069	0	1

En la figura 3 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en el análisis de regresión. Considerando la media tanto de los pasajeros como de los movimientos realizados, se puede observar la importancia en términos de tráfico de los aeropuertos considerados. La media en ambas variables es relativamente baja comparándola con los máximos, no llegando ni a la mitad de estos. Esto se debe a que en el criterio de selección utilizado solo se consideraron aeropuertos con más de 10 millones de pasajeros en el año 2017, dejando en los años anteriores aeropuertos con menos de 10 millones de pasajeros.

A partir de la figura 3, se analizarán aquellos estadísticos con mayor importancia para las variables.

En primer lugar, comenzaremos analizando el mínimo y el máximo de las variables endógenas:

En cuanto al mínimo y al máximo de la variable pasajeros, se puede observar que el menor número de pasajeros fue de 5.028.200, el cual se corresponde con el aeropuerto de Bucarest² en el año 2011, siendo uno de los aeropuertos que menos pasajeros ha tenido desde este mismo año hasta el 2017. El mayor número de pasajeros alcanzado es de 77.987.000 que se corresponde con el aeropuerto de Londres Heatrow en el año 2017, siendo uno de los aeropuertos más transitado de Europa, en el periodo temporal analizado.

Tanto el mínimo y el máximo de la variable movimientos son relativamente menores que en el caso anterior por lo ya explicado. El aeropuerto que menor número de movimientos ha experimentado ha sido el de Reina Sofía en Tenerife Sur en el año 2013, realizando 51.773 movimientos, alcanzando mayores movimientos en los siguientes años consecutivos, pero aun así siendo uno de los aeropuertos que menores traslados realiza. Y aquel aeropuerto que más movimientos ha realizado ha sido el París – Charles de Gaulle, llevando a cabo 521.540 traslados en el año 2011, los cuales disminuyen con el paso de los años. Aunque el mayor número de movimientos haya sido realizado por el aeropuerto Charles de Gaulle, en nuestra muestra en el periodo más reciente analizado correspondiente al año 2017, se trata del aeropuerto de Ámsterdam con 507.857, siendo uno de los que más traslados realizó en el año 2017.

En segundo lugar, analizaremos el mínimo y el máximo de las infraestructuras, las cuales se miden por las pistas que tenga cada aeropuerto. A partir de ellas se puede considerar cuales son los aeropuertos más pequeños y los más grandes. Los aeropuertos más pequeños cuentan con una infraestructura siendo el de Estambul Sabiha – Gokcen, Londres Stansted, Londres Luton, Alicante, Edimburgo, Birmingham, Tenerife Sur Reina Sofía, Stuttgart y Oporto. Que el aeropuerto de Tenerife Sur sea uno de los más pequeños tiene sentido ya que es uno de los menos movimientos realiza. El aeropuerto más grande es el de Ámsterdam, el único que cuenta con seis infraestructuras y además de ser el mayor es uno de los que más traslados realiza.

Por último, se analizará tanto la población como el pib, los cuales tienen una conexión ya que cuanto más población tiene un país mayor es el pib del mismo. Aquel país que alcanza una mayor población y un mayor pib es Alemania con una población de 82.521.653 habitantes y un producto interior bruto de 2.982.472,7, situándose en ambos casos por encima de la media en el año 2017 y correspondiente con el máximo de ambas variables. Por el contrario, aquel país con menor población y pib es Irlanda con 4.784.383 habitantes y 258.574,8 de producto interior bruto, estando muy por debajo de la media en ambos casos. Como los datos son del año 2017, no se corresponden con el mínimo de la población ni del pib porque hace referencia al año 2011, que en ese año también era Irlanda.

5. RESULTADOS

5.1. ESTIMACIÓN

² Bucarest: A partir de 2016, el aeropuerto contaba con más de 10 millones de pasajeros correspondiéndose con un incremento del consumo en el país.

Una vez que tenemos cada uno de los modelos con sus variables explicativas y analizadas las hipótesis sobre el signo que se espera que tengan cada una de las variables independientes, se contrastará la correlación de cada una de ellas con la variable endógena. Para ello utilizaré la matriz de correlaciones la cual muestra las relaciones que existen entre las variables que se van a incluir en el modelo. Estas variables se relacionan de forma independiente, pero me fijaré en aquellas donde su correlación sea más próxima a 1 con respecto a los pasajeros y a los movimientos.

Su interpretación depende del signo asociado al valor obtenido. El signo nos dice si la relación es directa o indirecta. Si el coeficiente de correlación es muy cercano a uno nos indica que la relación entre las variables es muy fuerte, por el contrario, si el valor es muy cercano a cero, nos indica que la relación entre ellas es muy débil.

Para explicar la evolución de los aeropuertos, como anteriormente he señalado, utilizaré primero la variable el número de pasajeros como variable endógena y la relacionaré con las diferentes variables independientes para ver cuál de ellas son las que están más correlacionadas con los pasajeros y así encontrar el modelo econométrico óptimo.

Tabla 1: recoge la matriz de correlación con respecto a la variable pasajeros

	Pasajeros
Pasajeros	1
Infraestructuras	0.615
Pib	0.139
Costa	0.113
Población	0.120
Densidad	0.144
Capital	0.174

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 1 la variable más correlacionada con la endógena son las infraestructuras con un coeficiente del 61,5% y las demás variables explicativas tiene un coeficiente de correlación entre el 11% y el 18%.

En la tabla 2 vamos a ver la correlación existente de la variable endógena movimientos con las demás variables explicativas.

Tabla 2: recoge la matriz de correlación con respecto a la variable movimientos

	Movimientos
Movimientos	1
Infraestructuras	0.671
Pib	0.110
Costa	0.054
Población	0.051
Densidad	0.137
Capital	0.195

Fuente: elaboración propia

En este caso la variable más correlacionada con la dependiente también son las infraestructuras, como anteriormente se comentada en el caso de la variable número de pasajeros, con un coeficiente del 67,1% y las demás variables independientes tiene un coeficiente de correlación relativamente bajo entre el 5% y el 20%.

Una vez analizada la correlación de cada una de las variables explicativas con las variables endógenas, se analizarán los diferentes modelos.

Tabla 3: Estimación determinantes del tráfico de pasajeros por Mínimos Cuadrados Ordinarios. Modelo 1

Variables	Pasajeros		
	Coeficiente	valor p	
const	-1.19e+07	<0.0001	***
Infraestructuras	1,04E+07	<0.0001	***
PIB	1,406	0,4562	
Población	0,0956776	0,125	
Costa	2,57E+06	0,3006	
Densidad población	315,893	0,1347	
Capital	3,36E+06	0,0239	**
R-cuadrado	0,447		

La tabla 3 muestra el resultado de la estimación de la ecuación de pasajeros (EC.1) utilizando mínimos cuadrados ordinarios. Los parámetros estimados muestran que:

Que β_0 sea negativo e igual a -11.920.000 quiere decir que el número de pasajeros disminuirá cuando el resto de las variables sean cero.

β_1 es positivo y esta relación ya se intuía anteriormente, ya que ante un aumento unitario en el número de infraestructuras el número de pasajeros aumentará en 10.390.000 pasajeros, *ceteris paribus*.

β_2 también es positivo y ocurre como en el caso anterior que esta relación ya se intuía anteriormente, por lo que, ante un aumento unitario en el pib, el número de pasajeros aumentará en 1,40622 pasajeros.

β_3 es igual a 0,0956776 y quiere decir que, ante un aumento en el número de habitantes del país, el número de pasajeros aumentará en 0,095 pasajeros.

β_4 es positivo e igual a 2.570.000 por lo que el número de pasajeros en los países que tiene costa es 2.570.000 mayor que en aquellos que no la tienen.

β_5 es positivo y esta relación es lógica, ya que ante un aumento unitario en el número de pasajeros por km², el número de pasajeros aumentará en 315.893 pasajeros.

β_6 es igual a 3.356.000 y positivo por lo que el número de pasajeros en aquellos aeropuertos que estén situados en la capital del país es 3.356.000 mayor que en aquellos que no lo están, *ceteris paribus*.

Una vez estimado el modelo y analizado cada uno de los coeficientes se puede observar cómo los signos que a priori se esperaban obtener han sido los que realmente se han obtenido con la estimación del modelo. Además, puede observarse que solo son significativas individualmente la constante, las infraestructuras y la dummy capital.

Tabla 4: Estimación determinantes del tráfico de movimientos por Mínimos Cuadrados Ordinarios. Modelo 2

Variables	Movimientos		
	Coeficiente	valor p	
const	-39163.0	0,0335	**
Infraestructuras	79976,2	<0.0001	***
PIB	0,04	0,002	***
Población	-0.0004	0,3534	
Costa	7775,69	0,6442	
Densidad población	1,609	0,2612	
Capital	20152,7	0,0455	**
R-cuadrado	0,503		

La tabla 4 muestra el resultado de la estimación de la ecuación de movimientos (EC.2) utilizando mínimos cuadrados ordinarios. Los parámetros estimados muestran que:

β_0 es igual a -39.163 por lo que el número de movimientos disminuirá 39.163 cuando el resto de las variables sean cero.

β_1 es positivo, una relación que ya se intuía con anterioridad al igual que en el caso anterior, por lo que, ante un aumento unitario en el número de infraestructuras, el número de movimientos aumentará en 79976,2 movimientos, *ceteris paribus*.

Que β_2 sea positivo e igual a 0,0398788 tiene sentido ya que, ante un aumento unitario en el pib, el número de movimientos aumentará en 0,0398788 movimientos, *ceteris paribus*.

β_3 es negativo e igual a -0,00039229 y quiere decir que, ante un aumento en el número de habitantes del país, el número de movimientos disminuirá en -0,00039229 movimientos. Signo contrario al que se obtenía en el modelo anterior.

β_4 es igual a 7.775,69 y quiere decir que el número de movimientos en los aeropuertos de los países que tienen costa es 7.775,69 mayor que en aquellos que no la tienen.

β_5 es igual a 1,60873 por lo que ante un aumento unitario en el número de habitantes por km², el número de movimientos aumentará en 1,60873 movimientos.

β_6 es positivo e igual a 20.152,7 y quiere decir que el número de movimientos en aquellos aeropuertos que estén situados en la capital del país es 20.152,7 mayor que en aquellos que no lo están, *ceteris paribus*.

A partir de la estimación del modelo y del análisis de cada uno de los coeficientes podemos observar como las hipótesis llevadas a cabo sobre los signos que se esperaban obtener eran ciertas salvo en el caso de la población que su signo es negativo. En este modelo son significativas individualmente las mismas variables que en el modelo anterior más el pib.

1. Análisis de las hipótesis clásicas

Como en las tablas 3 y 4 viene representado el resultado de la estimación de las ecuaciones 1 y 2, en este apartado se analizarán si se cumplen las hipótesis clásicas: Homocedasticidad y normalidad.

1.1. Homocedasticidad

En un modelo de regresión lineal por mínimos cuadrados ordinarios, la heterocedasticidad hace referencia a distinta varianza de las perturbaciones.

El siguiente contraste que se llevará a cabo será el de White que tiene por hipótesis:

$H_0: \text{var}(u/x) = \sigma^2$ H_0 : Homocedástico

$H_i: \text{var}(u/x) = \sigma_i^2$ H_i : Heterocedástico

Tabla 5: Contraste de heterocedasticidad de White de los modelos 1 y 2

	Contraste de heterocedasticidad de White	
	Pasajeros	Movimientos
Hipótesis nula	No hay heterocedasticidad	
Estadístico de contraste	140,675663	134,315
	Chi	Chi
Valor p	cuadrado(25)>140,67= 0	cuadrado(25)>134,314= 0

En la tabla 5 se muestra el contraste de heterocedasticidad de White de los modelos 1 y 2 a partir de los resultados de la estimación de las variables pasajeros (EC.1) y movimientos (EC.2)

Al realizar dicho contraste se puede observar cómo se rechaza H_0 en ambos modelos ya que el p-valor es menor que $\alpha=0,05$ por lo que se rechaza H_0 al 5% de significación. Esto significa que los estimadores MCO son lineales, insesgados, pero no eficientes en presencia de heterocedasticidad, es decir, los estimadores no son MELI, por lo tanto, no son válidos para la inferencia.

Como ambos modelos son heterocedásticos, es decir, no cumplen el supuesto de homocedasticidad, debemos estimarlos por mínimos cuadrados generalizados.

Tabla 6: Estimación determinantes del tráfico de pasajeros y movimientos por Mínimos Cuadrados Generalizados

Variables	Pasajeros			Movimientos		
	Coeficiente	valor p		Coeficiente	valor p	
const	-1,26561e+07	0,0948	*	-42780,3	0,3993	
Infraestructuras	1,03E+12	<0.0001	***	80219,5	<0.0001	***
PIB	206,467	<0.0001	***	0,0735091	<0.0001	***
Población	2,27E+11	<0.0001	***	-0,00105981	0,1226	
Costa	2,57E+06	0,7421		-2966,40	0,9487	
Densidad población	347,236	0,5428		-0,0988478	0,9793	
Capital	3,17E+11	0,4406		26509,3	0,3355	

La tabla 6 muestra el resultado de la estimación de las ecuaciones de pasajeros y movimientos (Ec.1 y Ec.2) utilizando Mínimos Cuadrados Generalizados. Los contrastes de Breusch – Pagan y Hausman se muestran a continuación:

Tabla 7: Contraste de Breusch – Pagan de los modelos 1 y 2

	Contraste de Breusch - Pagan	
	Pasajeros	Movimientos
hipótesis nula	Varianza del error específico a la unidad = 0	
estadístico de contraste	Chi-cuadrado(1) = 961,819	Chi-cuadrado(1) = 1013,16
Con valor p	0	0

Tabla 8: Contraste de Hausman de los modelos 1 y 2

	Contraste de Hausman	
	Pasajeros	Movimientos
hipótesis nula	Los estimadores de MCG son consistentes	
estadístico de contraste	Chi-cuadrado(3) = 22,0273	Chi-cuadrado(3) = 4,05169
Con valor p	0,000064	0,255936

En las tablas 7 y 8 se muestran los contrastes asociados a la estimación de las ecuaciones de pasajeros y movimientos por Mínimos Cuadrados Generalizados. Una vez estimados cada uno de los dos modelos por mínimos cuadrados generalizados obtenemos que los estimadores MCG son lineales, insesgados y eficientes en presencia de homocedasticidad, es decir, son MELI, válidos para la inferencia.

1.2. Normalidad

El contraste de normalidad se realizará sobre la estimación de MCG. A partir de la siguiente hipótesis se contrastará la normalidad los residuos y se podrá observar si los modelos cumplen el supuesto de normalidad.

H0: $u \sim N(0, \sigma^2)$

Hi: _____

Tabla 9: Contraste de normalidad de los residuos de los modelos 1 y 2 (1)

	Contraste de normalidad de los residuos	
	Pasajeros	Movimientos
Hipótesis nula	El error se distribuye normalmente	
Estadístico de contraste	Chi-cuadrado(2) = 89,163	Chi-cuadrado(2) = 56,075
Valor p	0	0

La tabla 9 muestra el contraste de normalidad de los residuos de la estimación de las ecuaciones de pasajeros y movimientos estimados por Mínimos Cuadrados Generalizados.

Como se puede observar el p- valor es prácticamente cero por lo que es menor que α que es igual a 0,05 por lo que se rechaza H_0 y podemos concluir que los residuos no se distribuyen según una normal por lo que no se cumple el supuesto de normalidad.

Como ambos modelos no siguen una distribución normal, se debe tomar logaritmos en las variables endógenas y después comprobaremos si se ha solucionado el problema.

$$\ln \text{Pasajeros} = \beta_0 + \beta_1 \text{infraest} + \beta_2 \text{pib} + \beta_3 \text{pob} + \beta_4 \text{costa} + \beta_5 \text{dens} + \beta_6 \text{capital} + u \quad (\text{EC.3})$$

$$\ln \text{Movimientos} = \beta_0 + \beta_1 \text{infraest} + \beta_2 \text{pib} + \beta_3 \text{pob} + \beta_4 \text{costa} + \beta_5 \text{dens} + \beta_6 \text{capital} + u \quad (\text{EC.4})$$

Tabla 10: Estimación de los determinantes del tráfico de pasajeros y movimientos en logaritmos por MCO

Variables	Pasajeros			Movimientos		
	Coeficiente	valor p		Coeficiente	valor p	
const	15,4845	0	***	11,0012	0	**
Infraestructuras	0,394207	0	***	0,362907	0	***
PIB	5,96E-08	0,4233		2,41E-02	0,0002	***
Población	1,70E-04	0,4896		-4,42309e-09	0,0352	**
Costa	0,111295	0,2556		0,0166214	0,8421	
Densidad población	2,40E+00	0,0041	***	1,73E+00	0,0149	**
Capital	9,98E-02	0,0878	*	0,109449	0,0284	**
R-cuadrado	0,42864			0,478386		

La tabla 10 muestra el resultado de la estimación de las ecuaciones de pasajeros (EC.3) y movimientos (EC.4) en forma logarítmica.

Tabla 11: Contraste de normalidad de los residuos de los modelos 1 y 2 (2)

	Contraste de normalidad de los residuos	
	Pasajeros	Movimientos
Hipótesis nula	El error se distribuye normalmente	
Estadístico de contraste	Chi-cuadrado(2) = 4,47548	Chi-cuadrado(2) = 3,21702
Valor p	0,1067	0,200185

La tabla 11 muestra el contraste de normalidad de los residuos de los modelos 1 y 2 pero con las variables pasajeros y movimientos en forma logarítmica.

Una vez realizada esta estimación con las variables dependientes en forma logarítmica se puede observar como el p – valor es igual a 0,1067 (pasajeros) y 0,2001 (movimientos) y es mayor que α por lo que no rechazamos H_0 y se puede decir que tanto el modelo 1 como 2 siguen una distribución normal.

A continuación, se analizará una especificación log-log para ambas variables dependientes (pasajeros y movimientos).

$$\ln \text{Pasajeros} = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{infraest} + \beta_2 \ln \text{pib} + \beta_3 \ln \text{pob} + \beta_4 \text{costa} + \beta_5 \ln \text{dens} + \beta_6 \text{capital} + u \quad (\text{EC.5})$$

Tabla 12: Estimación de los determinantes del tráfico de pasajeros por MCO (especificación log-log)

Variables	Pasajeros		
	Coefficiente	valor p	
const	15,1995	0	***
Ln_Infraestructuras	0,865891	0	***
Ln_PIB	0,413578	0	***
Ln_Población	-0,330877	0,0004	***
Costa	0,351700	0,0006	***
Ln_Densidad población	0,0893272	0	***
Capital	0,106122	0,0598	*
R-cuadrado	0,458129		

La tabla 12 muestra el resultado de la estimación de los determinantes del tráfico de pasajeros por Mínimos Cuadrados Ordinarios mediante una especificación log-log. Los parámetros estimados muestran que:

β_0 es igual a 15,1995 por lo que el número de pasajeros disminuirá en 15,1995 cuando el resto de las variables sean cero.

β_1 es positivo e igual a 0,865891 por lo que un aumento de un 1% en el número de infraestructuras, aumentará el número de pasajeros en un 0,865891%, *ceteris paribus*.

Que β_2 sea positivo e igual a 0,413578 tiene sentido ya que, ante un aumento de un 1% en el pib, el número de pasajeros aumentará en 0,413578% pasajeros, *ceteris paribus*.

β_3 es negativo e igual a -0,330877 y quiere decir que, ante un aumento de un 1% en el número de habitantes de país, el número de pasajeros disminuirá en -0,330877%, *ceteris paribus*. Este parámetro estimado muestra el mismo signo que en la estimación de la ecuación uno.

β_4 es igual a 0,351700 y quiere decir que el número de pasajeros medio en los aeropuertos de los países que tienen costa es 42,14% mayor que en aquellos que no la tienen, *ceteris paribus*.

β_5 es igual a 0,0893272 por lo que ante un aumento del 1% en el número de habitantes por km², el número de pasajeros aumentará en 0,0893272% pasajeros, *ceteris paribus*.

β_6 es positivo e igual a 0,106122 y quiere decir que el número de pasajeros medio en aquellos aeropuertos que estén situados en la capital del país es 11,19% mayor que en aquellos que no lo están, *ceteris paribus*.

Una vez estimado el modelo se puede comprobar como todas las variables son significativas individualmente a diferencia del modelo anterior, la estimación de la ecuación 1 donde solo eran significativas la constante, las infraestructuras y la dummy capital. Al comparar el resultado de la estimación de la ecuación 5 con el de la ecuación 1 se puede ver como este último presenta un R² mayor y por tanto más ajustado. Además, el criterio de Akaike obtenido en esta estimación es mucho menor que el obtenido en la otra.

$$\text{LnMovimientos} = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{infraest} + \beta_2 \ln \text{pib} + \beta_3 \ln \text{pob} + \beta_4 \ln \text{costa} + \beta_5 \ln \text{dens} + \beta_6 \ln \text{capital} + u \quad (\text{EC.6})$$

Tabla 13: Estimación de los determinantes del tráfico de movimientos por MCO (especificación log-log)

Variables	Movimientos		
	Coeficiente	valor p	
const	11,6573	0	***
Ln_Infraestructuras	0,7999084	0	***
Ln_PIB	0,534920	0	***
Ln_Población	-0,475349	0	***
Costa	0,221131	0,0095	***
Ln_Densidad población	0,0643851	0	***
Capital	0,123538	0,0090	*
R-cuadrado	0,523421		

La tabla 13 muestra el resultado de la estimación de los determinantes del tráfico de movimientos por Mínimos Cuadrados Ordinarios mediante una especificación log-log. Los parámetros estimados muestran que:

β_0 es igual a 11,6573 por lo que el número de movimientos aumentará en 11,6573 cuando el resto de las variables sean cero.

β_1 es positivo e igual a 0,7999084 por lo que un aumento de un 1% en el número de infraestructuras, aumentará el número de movimientos en un 0,7999084%, *ceteris paribus*.

Que β_2 sea positivo e igual a 0,534920 tiene sentido ya que, ante un aumento de un 1% en el pib, el número de movimientos aumentará en 0,534920%, *ceteris paribus*.

β_3 es negativo e igual a -0,475349 y quiere decir que, ante un aumento de un 1% en el número de habitantes de país, el número de movimientos disminuirá en -0,475349% *ceteris paribus*. Al igual que en la estimación anterior, este coeficiente presenta el mismo signo que en la estimación de la ecuación 2.

β_4 es igual a 0,221131 y quiere decir que el número de movimientos medio en los aeropuertos de los países que tienen costa es 24,74% mayor que en aquellos que no la tienen, *ceteris paribus*.

β_5 es igual a 0,0643851 por lo que ante un aumento del 1% en el número de habitantes por km², el número de movimientos aumentará en 0,0643851% pasajeros, *ceteris paribus*.

β_6 es positivo e igual a 0,123538 y quiere decir que el número de movimientos medio en aquellos aeropuertos que estén situados en la capital del país es 13,14% mayor que en aquellos que no lo están, *ceteris paribus*.

Al igual que se comentaba en el resultado de la estimación 5, en la estimación de la ecuación 6, las variables son significativas individualmente, cosa que no ocurría en la estimación de la ecuación 2. En este caso este modelo también es más ajustado que el de la ecuación 2 presentando un R² mayor.

Al realizar la estimación de las ecuaciones 5 y 6 se ha podido comprobar que en ambos casos la estimación de estas a través de una especificación log-log es mucho más acertada que la especificación nivel-nivel. Presentando en ambos resultados un R² mayor y un criterio de Akaike menor.

6. CONCLUSIONES

La actividad de los aeropuertos europeos no es ajena a la situación económica. La caída en el número de movimientos realizados por los aviones en los años 2012 y 2013 posiblemente causado por la crisis financiera de 2008 es una prueba de ello. Esta crisis afectó a todos los países europeos, pero con diferente intensidad en cada uno de ellos, siendo los más afectados España junto con Irlanda, Grecia, Portugal, Austria y Hungría.

En este estudio se realiza un análisis empírico de los determinantes del tráfico de pasajeros y movimientos para los principales aeropuertos europeos. Varios estudios han abordado este tema analizando el efecto de factores tales como la estructura del empleo, los ingresos de la ciudad, la inversión realizada en las administraciones regionales de algunos países. Sin embargo, en ninguno de los trabajos realizados se han tenido en cuenta todas las variables que se han incluido en este análisis.

Se han cumplido los objetivos marcados inicialmente, analizando algunos de los posibles determinantes de tráfico de pasajeros y movimientos utilizando datos de una amplia muestra de cincuenta y dos aeropuertos europeos en el periodo temporal 2011-2017, incluyendo variables como el nivel de infraestructuras, pib per cápita, población, costa, la capital del país y densidad de población como inputs del número de pasajeros y movimientos.

De acuerdo con el análisis realizado, se ha podido comprobar que el tamaño de la población tiene una relación casi proporcional al tráfico aéreo. La población es una variable determinante en cuanto al aumento o disminución de pasajeros y movimientos. En nuestro caso, afectando negativamente tanto al número de movimientos como de pasajeros. Es destacable el papel de las infraestructuras, la cual es la más

correlacionada con las variables endógenas (pasajeros y movimientos) y es razonable ya que cuantas más infraestructuras tengan los aeropuertos, mayores movimientos realizarán y más pasajeros tendrán a lo largo del año. Las variables binarias capital y costa también influyen en el número de pasajeros y viajeros, siendo más demandados aquellos aeropuertos que están situados en la capital del país o los que poseen costa. Además, los aeropuertos situados en las capitales son más grandes que los que no lo están y por lo tanto una capacidad mayor para soportar un número elevado de pasajeros y movimientos. El pib per cápita nos informa sobre la situación económica de un país, se ha podido comprobar que este es mayor en aquellos países que gozan de una buena situación económica, con apenas paro, suficientes recursos económicos para sufragar los problemas que presenten y por tanto influye positivamente en el número de pasajeros y movimientos realizados. Por último, la densidad de población es aquella que tiene una menor incidencia en estos, siendo su efecto positivo. Esto se debe a que es la población quien abarca el efecto total tanto sobre los pasajeros como movimientos.

Una vez que se han mostrado los datos más relevantes acerca de nuestro estudio, comentaremos que se han realizado dos especificaciones para los dos modelos considerados. Una especificación nivel – nivel y otra log – log, se ha podido comprobar como la segunda es más acertada para nuestro estudio.

7. BIBLIOGRAFÍA

Hooper, P.G. y Hensher, D.A. (1997): "Measuring Total Factor Productivity of Airports – an Index Number Approach". *Transportation Research E: Logistics and Transportation Review* 33, 4, 249-259

Gillen, D. y Lall, A. (1997): "Developing measures of airport productivity and performance: An application of data envelopment analysis". *Transportation Research E* 33, 261–273.

Dobruszkes, F., Lennert, M., & Van Hamme, G. (2011). An analysis of the determinants of air traffic volume for European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 755-762.

Dobruszkes, F., Dehon, C., & Givoni, M. (2014). Does European high-speed rail affect the current level of air services? An EU-wide analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 69, 461-475.

Zhang, Q., Yang, H., Wang, Q., & Zhang, A. (2014). Market power and its determinants in the Chinese airline industry. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 64, 1-13.

Hu, Y., Xiao, J., Deng, Y., Xiao, Y., & Wang, S. (2015). Domestic air passenger traffic and economic growth in China: Evidence from heterogeneous panel models. *Journal of Air Transport Management*, 42, 95-100.

Zhang, Y., & Zhang, A. (2016). Determinants of air passenger flows in China and gravity model: deregulation, LCCs, and high-speed rail. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 50(3), 287-303.

Europe, A. C. I., & Aviation, Y. (2004). The social and economic impact of airports in Europe. ACI Europe, York Aviation

Lakew, P. A. (2015). Airport traffic and metropolitan economies: determinants of passenger and cargo traffic. *Transportation Research Record*, 2471(1), 58-72.

Martínez, J. M. S., & Marín, R. G. (2015). Cambios recientes del tráfico de pasajeros en los aeropuertos españoles: modificaciones acusadas en un contexto económico desfavorable. *Transporte y Territorio*, (12), 127-149.

Rochel, J. J. B. (2000). Factores determinantes de la demanda de transporte aéreo modelos de previsión. *Boletín económico de ICE*, (2652)

Brueckner, J. K. (2003). Airline traffic and urban economic development. *Urban Studies*, 40 (8), 1455-1469.